

耐性菌対策ガイドライン等について

独立行政法人 農業環境技術研究所

石井 英夫

hideo@affrc.go.jp

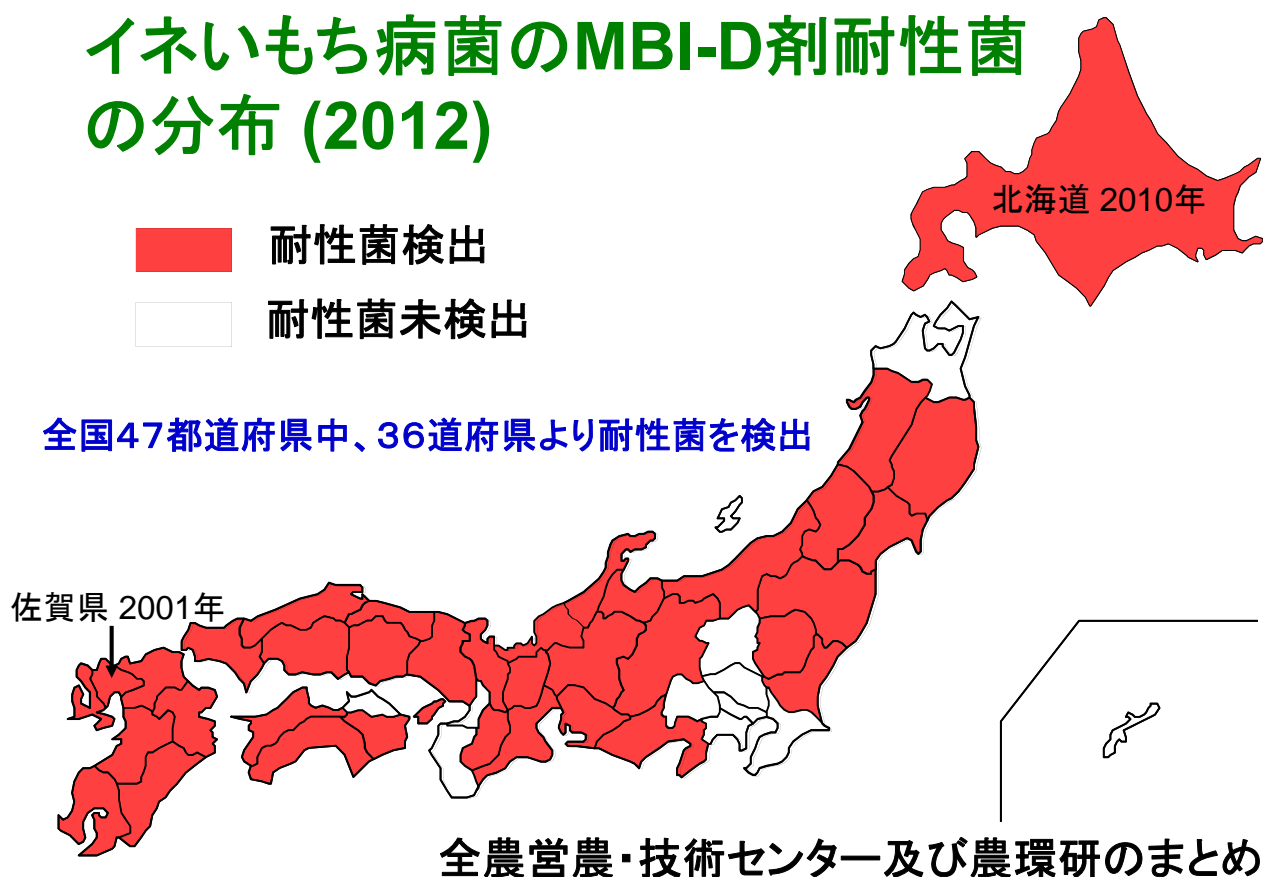


National Institute for Agro-Environmental Sciences

お話の内容

- 耐性菌対策ガイドライン
- ローテーション散布の実証事例
- 使用薬剤の形状や散布方法による耐性菌発生リスク

イネいもち病菌のMBI-D剤耐性菌の分布 (2012)



長期残効型箱施用粒剤

- 本田散布剤と違い、使用者の被曝や地域外への有効成分の流出がない。
- 有効成分が田植後もイネの根茎近くに局在。
- 有効成分は浸透移行性を持つことが必須。
(磯野、2003)
- 薬剤の長期残効性により、耐性菌選抜圧も持続。
- 同系統薬剤でも、本田散布剤より耐性菌選抜圧が強い？
- 箱剤であっても、耐性菌リスクの低い薬剤(抵抗性誘導剤やMBI-R剤)には当てはまらない。

イネいもち病防除におけるQoI剤及び MBI-D剤耐性菌対策ガイドライン(抜粋)

- QoI剤やMBI-D剤の使用は最大で1年に1回。
- 育苗箱処理ではこれらの薬剤の連年使用は避け、可能な限り1年または2年おきに作用機構の異なる薬剤とローテーションで使用。
- 採種圃場とその周辺ではこれらの薬剤を使用しない。
- 耐性菌が検出された場合、薬効低下が認められなくても当該薬剤の使用を一旦中止し、その後. . . . 適切な対策を講じる。

青字の箇所はFRAC Japan (J FRAC) のガイドラインと一致。

日本植物病理学会殺菌剤耐性菌研究会、2008年4月

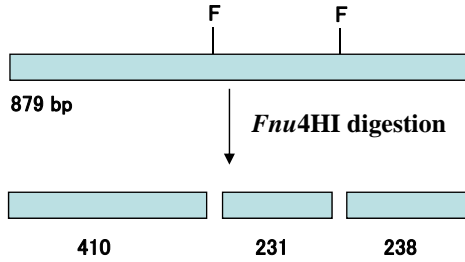
「嵐」に関する耐性菌管理

- 耐性菌出現の危険性をさけるため、種子は毎年更新し、種子消毒をしてください。
- 嵐剤は年1回の使用とし、体系防除を行う場合は、作用性の異なる薬剤と組み合わせ、同系統のストロビルリン系薬剤との連用はさけてください。
- 採種圃での使用もさけてください。

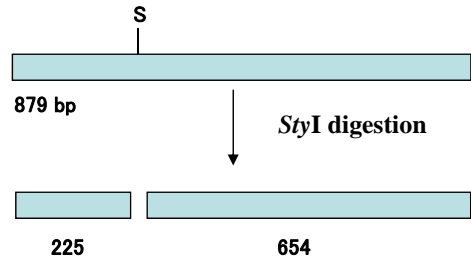
BASFジャパンのホームページ(<http://www.basf-agro.co.jp/>)より

芝草類いもち病菌のQoI剤耐性とチトクローム *b* 遺伝子の変異

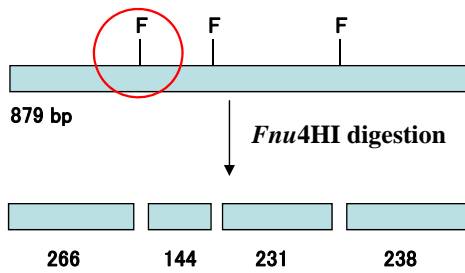
Wild-type (sensitive)



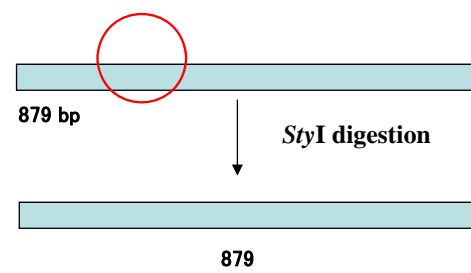
Wild-type (sensitive)



G143A Mutant (resistant)

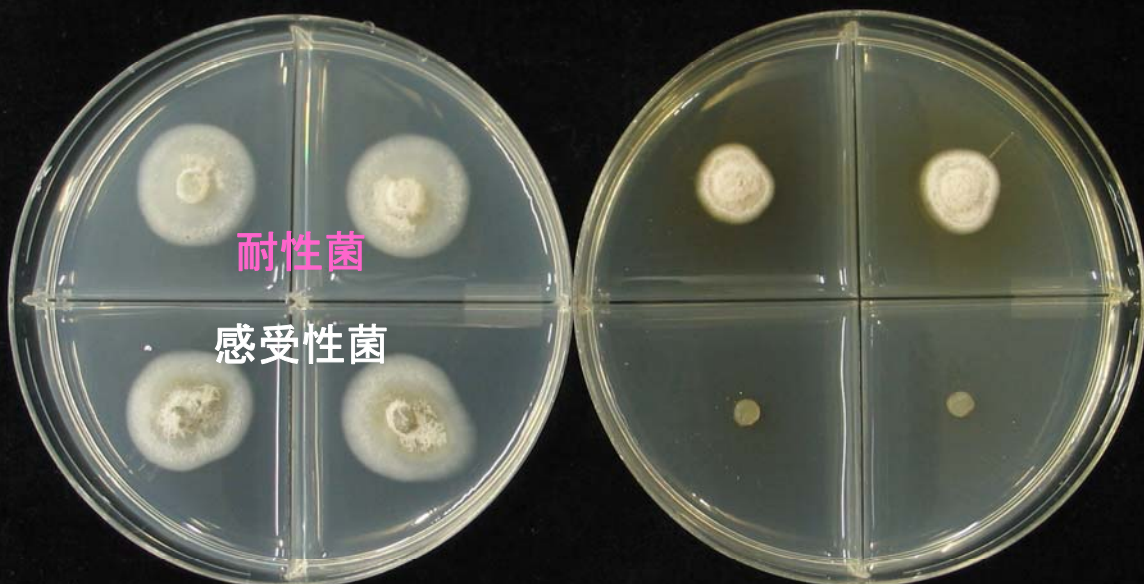


F129L Mutant (resistant)



(Kim *et al.*, 2003)

イネいもち病菌のQoI剤耐性菌



薬剤無添加

アゾキシストロビン 1ppm
+ 没食子酸 *n*-プロピル 1mM

(石井原図)

イネいもち病菌のチトクローム**b**遺伝子

- QoI剤耐性菌では、コドン143部位がGGTからGCTに変異し、推定アミノ酸もグリシンからアラニンに置換(G143A)。
- この変異は制限酵素Fnu4H I ほか(GCNGCを認識)により検出可。
- コドン129部位はTTC(推定アミノ酸はフェニルアラニン)で変異は見られず。

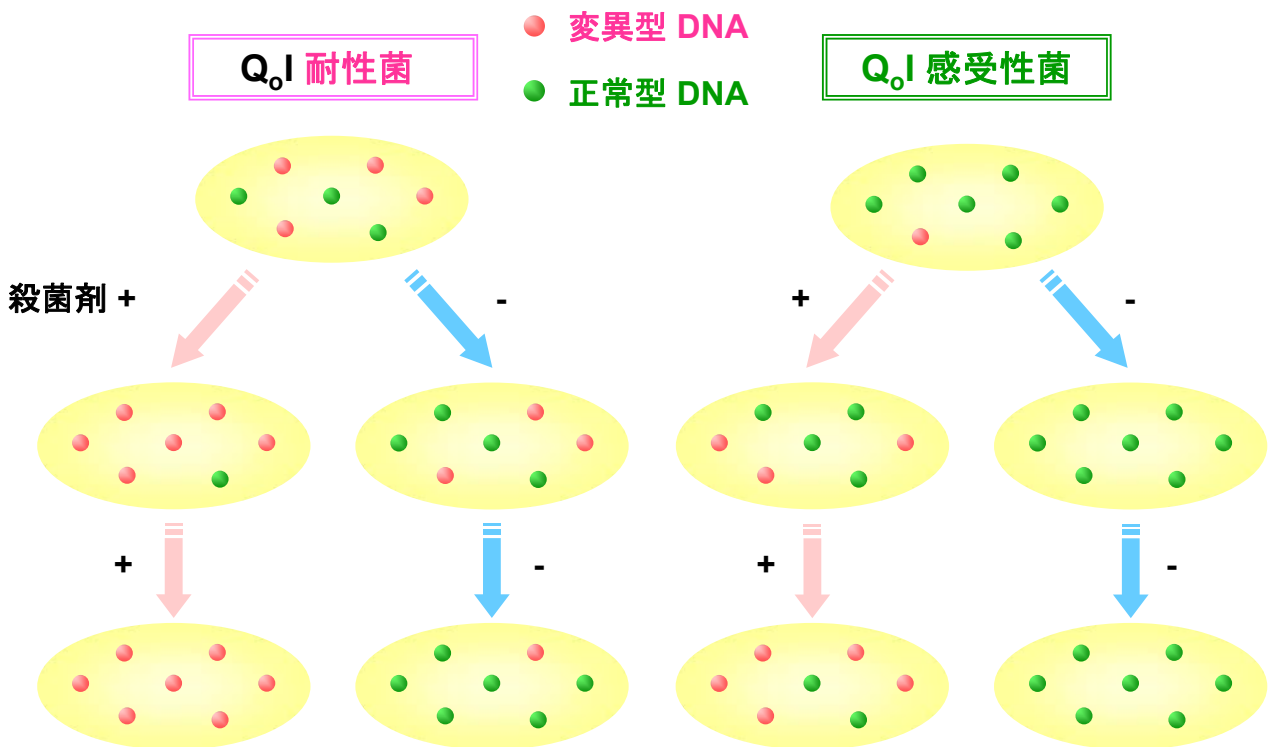
感受性菌: 129

143

.....GGTTTCCTA.....TTATGAGGTGCTACA.....

耐性菌:

.....GGTTTCCTA.....TTATGAGCTGCTACA.....



ミトコンドリアDNAのヘテロプラスミーに及ぼす
QoI剤の影響(一部仮説)

イネ紋枯病菌にQoI剤耐性菌

- Fungicide-resistant *Rhizoctonia solani* found in Louisiana.
- Soil-borne *Rhizoctonia solani* fungus found to be resistant to strobilurin fungicides.
- Fungus causes sheath blight in rice and aerial blight in soybeans.
- So far, only in a small area of southern Louisiana.
- A suspected mutation of the *Rhizoctonia solani* fungus has been found to be resistant to strobilurin fungicides.

Delta FARM PRESS® 2012年1月13日

<http://deltafarmpress.com/rice/fungicide-resistant-rhizoctonia-solani-found-louisiana>

ミトコンドリア電子伝達系のチトクロームbc₁複合体のQo部位に作用する殺菌剤 (QoIs)

一般名	商品名またはコード番号
クレソキシムメチル*	ストロビー*
アゾキシストロビン*	アミスター*
メミノストロビン*	オリブライト*
ファモキサドン*	ホライズン(混合成分の1つ)*
トリフロキシストロビン*	フリント*
フェンアミドン*	ビトリーン*
ピラクロストロビン*	ナリア(混合成分の1つ)*
オリサストロビン*	嵐*
ピコキシストロビン**	NNF-1120、アカント
ピリベンカルブ*	ファンタジスタ*、ファンベル(混合成分の1つ)*
フルオキサストロビン**	ALF-0611(キャプタンとの混合剤)
ジモキシストロビン	
エノキサストロビン	
クモキシストロビン	
フェナミノストロビン	
フルフェノキシストロビン	
ピラオキシストロビン	
ピラメタストロビン	
トリクロピリカルブ	

*我が国で登録のあるもの。**開発中のもの。

圃場に出現したQoI剤耐性菌(2013年1月現在)

病原菌名	学名
イネいもち病菌*	<i>Magnaporthe oryzae</i>
イネ紋枯病菌	<i>Rhizoctonia solani</i>
コムギうどんこ病菌*	<i>Blumeria graminis</i> f.sp. <i>tritici</i>
コムギ葉枯病菌	<i>Mycosphaerella graminicola</i>
コムギ黄斑病菌	<i>Pyrenophora tritici-repentis</i>
コムギふ枯病菌	<i>Phaeosphaeria nodorum</i>
コムギ赤かび病菌*	<i>Microdochium nivale</i> , <i>M.majus</i> , <i>Fusarium graminearum</i>
オオムギうどんこ病菌	<i>B. graminis</i> f.sp. <i>hordei</i>
オオムギ網斑病菌	<i>Pyrenophora teres</i>
オオムギ雲形病菌	<i>Rhynchosporium secalis</i>
オオムギ Ramularia leaf spot病菌	<i>Ramularia collo-cygni</i>
トウモロコシ斑点病菌	<i>Cercospora zeae-maydis</i>
ジャガイモ夏疫病菌	<i>Alternaria solani</i> , <i>A. alternata</i>
ジャガイモ炭疽病菌	<i>Colletotrichum coccodes</i>
ダイズ斑点病菌	<i>Cercospora sojina</i>
ヒヨコマメ Ascochyta blight病菌	<i>Ascochyta rabiei</i>
テンサイ褐斑病菌	<i>Cercospora beticola</i>
ワタ Grey mildew病菌	<i>Ramularia areola</i>
ウリ類うどんこ病菌*	<i>Podosphaera xanthii</i>
キュウリべと病菌*	<i>Pseudoperonospora cubensis</i>
キュウリ褐斑病菌*	<i>Corynespora cassiicola</i>
ウリ類つる枯病菌*	<i>Didymella bryoniae</i>
ナスすすかび病菌*	<i>Mycovellosiella nattrassii</i>
トマト葉かび病菌*	<i>Passalora fulva</i>
ナス・ピーマン黒枯病菌*	<i>Corynespora cassiicola</i>
ニンニク白斑葉枯病菌*	<i>Botrytis squamosa</i>
イチゴ炭疽病菌*	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>
イチゴうどんこ病菌*	<i>Sphaerotheca aphansis</i> var. <i>aphansis</i>
アスパラガス斑点病菌	<i>Stemphylium vesicarium</i>

*日本で(も)検出。

圃場に出現したQoI剤耐性菌(つづき)

病原菌名	学名
リンゴ黒星病菌	<i>Venturia inaequalis</i>
リンゴ斑点落葉病菌*	<i>Alternaria alternata</i> apple pathotype
リンゴうどんこ病菌	<i>Podosphaera leucotricha</i>
リンゴ炭疽病菌*	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>
セイヨウナシ黒斑病菌*	<i>A. alternata</i> apple pathotype
セイヨウナシ黒星病菌	<i>V. pirina</i>
セイヨウナシ褐色斑点病菌	<i>Stemphylium vesicarium</i>
ナシ炭疽病菌*	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>
モモ灰星病菌	<i>Monilinia fructicola</i>
オウトウ灰星病菌	<i>M. laxa</i>
ピスタチオ Alternaria late blight病菌	<i>Alternaria alternata</i> ほか
アーモンド Alternaria leaf spot病菌	<i>A. alternata</i> ほか
アーモンド黒星病菌	<i>Fusicladosporium carpophilum</i>
カンキツ・イチゴ灰色かび病菌*	<i>Botrytis cinerea</i>
カンキツ brown spot病菌	<i>A. alternata</i> tangerine pathotype
ブドウべと病菌*	<i>Plasmopara viticola</i>
ブドウうどんこ病菌	<i>Erysiphe necator</i>
ブドウ褐斑病菌*	<i>Pseudocercospora vitis</i>
ブドウ晩腐病菌*	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>
バナナ black Sigatoka病菌	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>
バナナ yellow Sigatoka病菌	<i>M. musicola</i>
チャ輪斑病菌*	<i>Pestalotiopsis longiseta</i>
キク白さび病菌	<i>Puccinia horiana</i>
シバ炭疽病菌*	<i>Colletotrichum graminicola</i>
シバいもち病菌	<i>Pyricularia grisea</i>
シバ赤焼病菌	<i>Pythium aphanidermatum</i>
クレーピングバントグラス炭疽病菌	<i>Colletotrichum cereale</i>

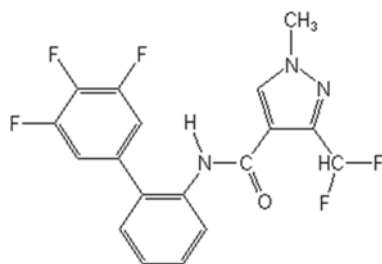
*日本で(も)検出。

ボスカリド剤耐性菌の発達事例

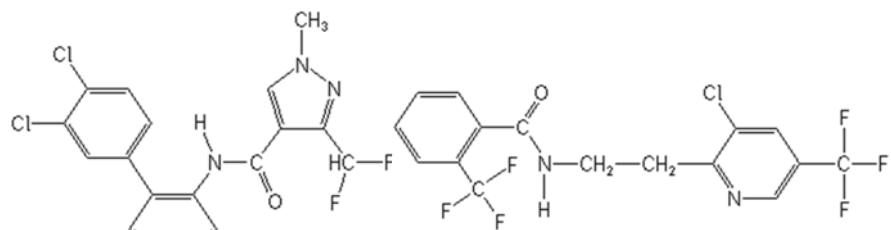
病名	病原菌名
ピスタチオ Alternaria late blight	<i>Alternaria alternata</i> *
ブドウ、イチゴ**、リンゴ、ナス**、 キウイフルーツ灰色かび病	<i>Botrytis cinerea</i> *
オウトウ Leaf spot	<i>Blumeriella jaapii</i>
ユリ類葉枯病	<i>Botrytis elliptica</i>
キュウリ褐斑病**	<i>Corynespora cassiicola</i> *
ウリ類うどんこ病**	<i>Podosphaera xanthii</i> *
ウリ類つる枯病	<i>Didymella bryoniae</i> *
アブラナ科菌核病	<i>Sclerotiniasclerotiorum</i>
ナスすすかび病**	<i>Mycovellosiella nattrassii</i>
バレイショ夏疫病	<i>A. solani</i> *

* QoI剤との複合耐性菌も分布。**国内で(も)発生。

新規のSDHI剤

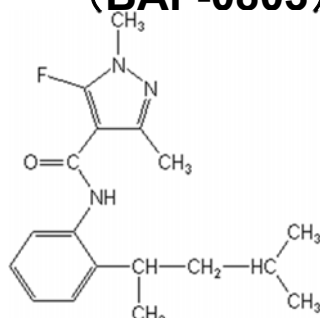


Fluxapyroxad
(BAF-0803)

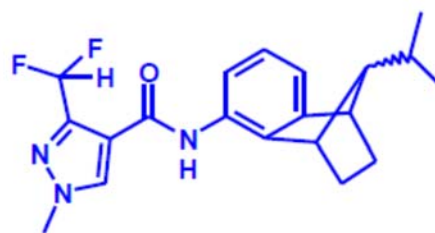


Bixafen

Fluopyram
(オルフィン)



Penflufen
(オブテイン)



syn/anti mixture
Isopyrazam
(NC-233)



trans/cis mixture
Sedaxane

<http://www.alanwood.net/pesticides/penflufen.html> ほか

野菜・果樹・茶におけるQoI剤及びSDHI剤使用ガイドライン(一例) (殺菌剤耐性菌研究会、2012年3月)

ウリ科野菜:

- **QoI剤**は単剤あるいはSDHI剤との混用、混合剤のいずれの場合も1作1回まで。その他の混用もしくは混合剤(効果が期待できる他の成分を含む)の場合は1作2回まで。
- **SDHI剤**は単剤あるいはQoI剤との混用、混合剤のいずれの場合も1作1回まで。その他の混用(効果が期待できる他の成分を含む)の場合は1作2回まで。
- 薬剤の効果が疑われる場合は関係機関に連絡し、モニタリングで耐性菌の分布が確認された場合は、直ちにその薬剤の使用を中止して効果が確認されるまで使用しない。

野菜・果樹・茶におけるQoI剤及びSDHI剤使用ガイドライン(一例) (殺菌剤耐性菌研究会、2012年3月)

ナシ(耐性菌未発生圃場の場合):

- **QoI剤**は単剤あるいはSDHI剤ほかとの混用、混合剤(効果が期待できる他の成分を含む)のいずれの場合も1年2回まで。
- **SDHI剤**は単剤あるいはQoI剤ほかとの混用、混合剤(効果が期待できる他の成分を含む)のいずれの場合も1年2回まで。

耐性菌によるQoI剤の効力低下 (キュウリ農家の防除実績)

- 1998年秋から1999年春にかけて、各地でウリ類うどんこ病に対するアゾキシストロビン、クレソキシムメチル剤の防除効果が低下。
- 連続使用した農家はもとより、連続使用せず、他系統薬剤とローテーションで1作2、3回散布した農家でも。
- QoI剤未使用の農家からも耐性菌を検出。
→空気伝染性病原菌の問題点と広域一斉防除の必要性。

FRAC によるSDHI剤の使用ガイドライン(野菜の場合)

薬剤の総散布回数: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 >12

SDHI剤の最大使用回数:

(単剤ローテーション使用) 1 1 1 1 2 2 2 3 3 3 3 4 *

(混用で連用は2回まで) 1 1 1 2 2 3 3 3 3 3 4 4 *

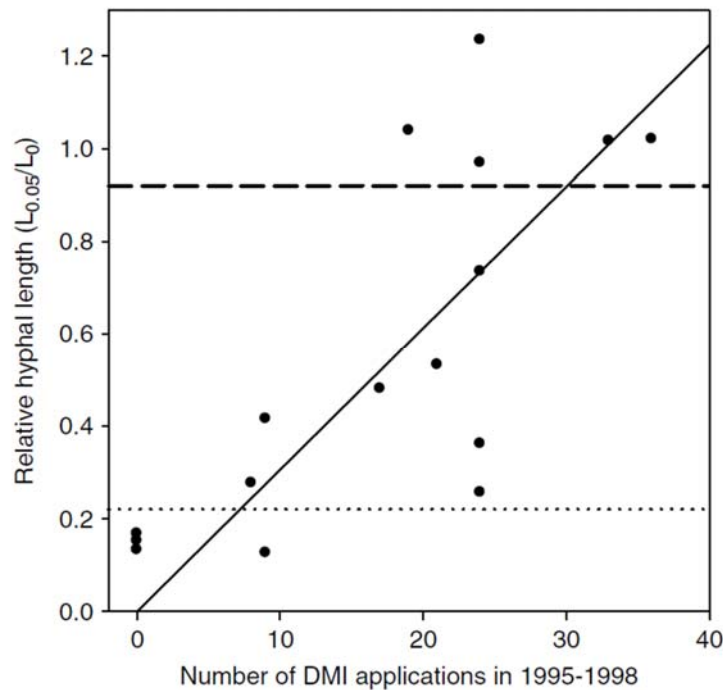
* SDHI剤単剤の場合は、総散布回数の1/3以内。
混用では総散布回数の1/2以内。

FRACのホームページより

茨城県におけるキュウリ褐斑病菌の ボスカリド耐性菌のモニタリング結果

ハウスの場所	耐性菌検出率(%)	菌分離までの ボスカリドの散布回数
筑西-B	0	3
(抑制)	3	4
	96	5
筑西-C	0	2
(抑制)	25	3
	78	4
筑西-E	0	2
(促成)	64	3
かすみがうら-A	0	1
(抑制)	100	3

Miyamoto, T. et al., Plant Pathol. 58: 1144-1151 (2009)



DMI剤の散布回数とリンゴ黒星病菌のDMI剤耐性の関係

散布回数が多いほど薬剤感受性低下が進む。

Gao et al. (2009)

薬剤の使用経歴と耐性菌

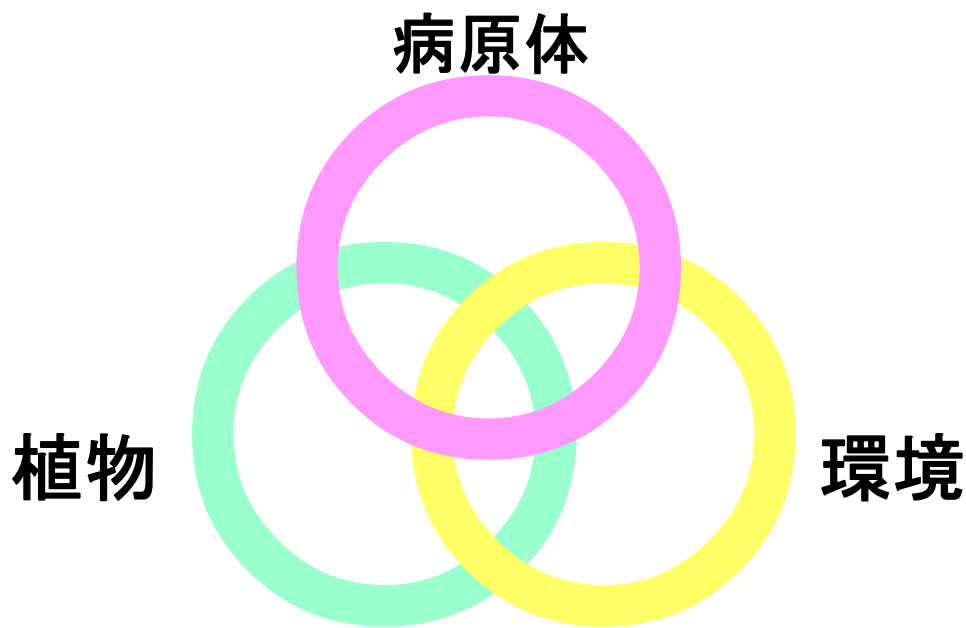
- 薬剤の使用経歴と耐性菌増加が常に相関するとは限らない。
- 発病圧の違いが影響。

同様のDMI剤使用歴をもつリンゴ園における
黒星病菌のフェナリモル感受性分布の違い

感受性程度	相対生育度*	頻度(%)		
		ベースライン	ニューヨーク	ハスコチア
感受性	0 – 60	91	94	39
感受性低下	61 – 80	9	6	22
耐性	81 – 100	1	0	39

*薬剤無添加培地での生育量を100とした場合の、フェナリモル0.02ppm添加培地での相対生育度。

(Köller, 1994)



発病に関わる要因

一般的な耐性菌対策

1. 薬剤防除だけに頼るのではなく、圃場や施設内を発病しにくい環境条件にする。
 - 1) 可能ならば病害抵抗性品種や耐病性品種を栽培する。
 - 2) 病原菌の伝染源となる作物残渣や落葉、剪定枝あるいは周辺の雑草などは速やかに処分する。
 - 3) 作物が過繁茂にならないよう誘引や整枝・剪定に気をつける。
 - 4) 施設内の温度や湿度管理に気を配る。
 - 5) 土壌や水管理にも気を配り、健苗や健全樹の育成・栽培に心がける。
 - 6) 発病した葉や果実などは、支障がない限り見つけ次第除去する。
 - 7) 関係機関等から薬剤に代わる最新の防除技術について情報を集め、その積極的な導入に努める。

一般的な耐性菌対策(つづき)

2. 薬剤防除にあたっては、以下の点に留意する。
 - 1) 使用する薬剤がどの系統に属するのかを調べ、耐性菌が発生しやすい薬剤かどうかを確かめる。
 - 2) 同じ系統の薬剤では交差耐性になることが多い。
 - 3) 耐性菌が発生しやすい薬剤はガイドラインが示す回数範囲内で使用し、使用後は効果の程度をよく観察する。
 - 4) 同じ系統の薬剤は連用しない。また、他の系統の薬剤と輪番(ローテーションまたは交互)使用したり現地混用(または混合剤を使用)したりしても、耐性菌の発達は起こることが多いので、過信しない。
 - 5) 防除基準や防除暦等で決められた薬剤の希釈倍数や薬量を守り、作物にムラなく散布する。スピードスプレーヤで果樹に散布する場合は、毎列散布とし隔列散布はしない。
 - 6) 新しく開発された薬剤の場合、特に栽培後期の発病の多い時期に特效薬として散布しがちであるが、これでは耐性菌がより発達しやすくなって防除に失敗する恐れがある。薬剤の予防散布を徹底する。
 - 7) 薬剤の効果が疑われる場合は直ちに関係機関に連絡し、耐性菌の検定を依頼するとともに防除指導を受ける。検定で耐性菌の分布が確認された場合は、直ちにその薬剤の使用を中止して効果が確認されるまで使用しない。

薬剤耐性・抵抗性発達の遅延・阻止効果

戦略の比較		理論的研究					実験的研究			
1	2	n	1>2	1=2	1<2	その他	n	1>2	1=2	1<2
混用	連用	14	11	0	0	3	10	8	2	0
混用	ローテーション	16	14	0	1	1	8	2	5	1
混用	モザイク	7	5	0	1	1	1	1	0	0
ローテーション	連用	7	3	4	0	0	9	7	2	0
ローテーション	モザイク	11	2	3	5	1	3	2	0	1
モザイク	連用	3	2	1	0	0	2	1	0	1

- 29の関連論文を基に、戦略の有効性をランク付け。
- 抵抗性発達の遅延・阻止効果は、混用>ローテーション=モザイク>連用

(REX Consortium, Trends Ecol. Evol. 28: 110-118, 2013)

薬剤耐性菌の発達(シミュレーションモデル)

薬剤処理*	薬剤散布後の耐性菌の割合(%)				
	5回	10回	20回	30回	40回
S-S-S-S	0.0	82.6	100	100	100
(S+C)-(S+C)-(S+C)-(S+C)	0.0	0.0	99.6	100	100
S-C-S-C	0.0	0.0	82.6	100	100
(S+C)-C-(S+C)-C	0.0	0.0	0.0	26.1	99.6

*S(例:浸透性殺菌剤)、C(例:従来の保護殺菌剤)。

- 耐性発達のスピードは、連用>混用≥交互散布>混用と単用の交互散布。

(Dekker, 1982)

薬剤の混用や交互散布が耐性菌発達に及ぼす遅延効果

1日当たりの感染割合	耐性菌集団の割合が2.7倍増加するのに要する時間(日)			
	Skylakakis (1981)		Levy et al. (1983)	
	混用	交互散布	混用	交互散布
0.4	7.1	5.6	14.3	11.8
0.2	14.3	11.3	16.4	15.4
0.05	56.9	36.6	50.0	43.5

- 発病圧が高い(多発)ほど、耐性発達は速い。
- 発病圧の違いにかかわらず、薬剤の混用よりも交互散布で耐性発達は速い。

Skylakakis (1984)

薬剤混用の耐性菌発達遅延効果

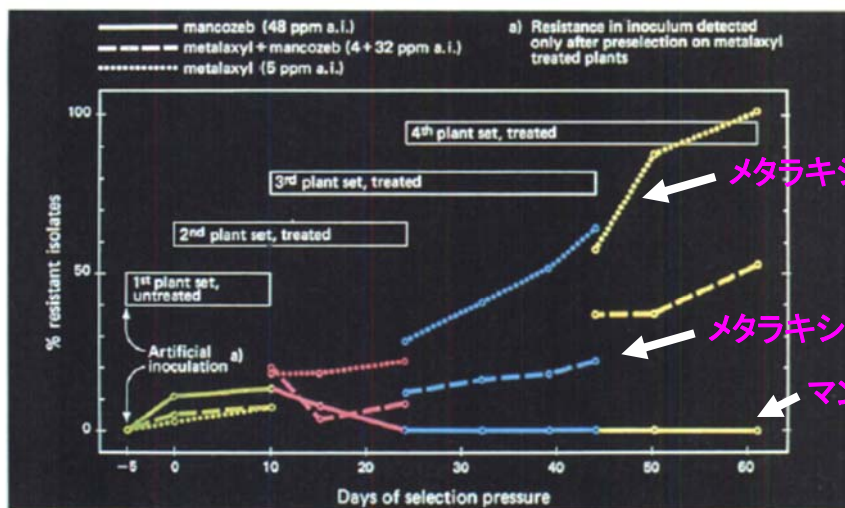


Fig. 3. Growth-room simulation of resistance buildup from a mixed population of metalaxyl-sensitive and metalaxyl-resistant sporangia (10,000:1) of *Phytophthora infestans* on potato plants (cv. Bintje) under different spray schedules.

ジャガイモ疫病菌のメタラキシル(リドミル)耐性菌は、メタラキシルとマンゼブの混用(リドミルMZ)により発達が遅延。

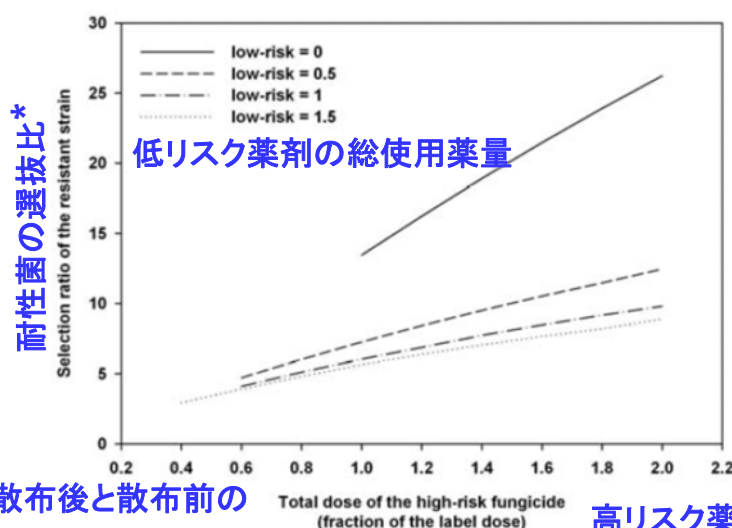
Staub and Sozzi, Plant Dis. 68: 1026-1031 (1984)

殺菌剤の混用と耐性発達リスク

- コムギと葉枯病菌 *Mycosphaerella graminicola*、QoI剤(高リスク)とクロロタロニル(低リスク)の組み合わせ。
- 薬量を変えてモデル解析。
- クロロタロニルを実用濃度(full dose)で、QoI剤を季節ごとに効果が期待できる濃度で混用。
- この使用法で≤12年有効。高リスク薬剤だけの使用では3-4年。

(Hobbelen et al., 2011)

薬剤混用による耐性菌発達の抑制



*選抜比=薬剤散布後と散布前の 耐性菌頻度の比

耐性菌頻度の比

•高薬量の高リスク薬剤+低薬量の低リスク薬剤

→耐性菌がもっとも選択されやすい。

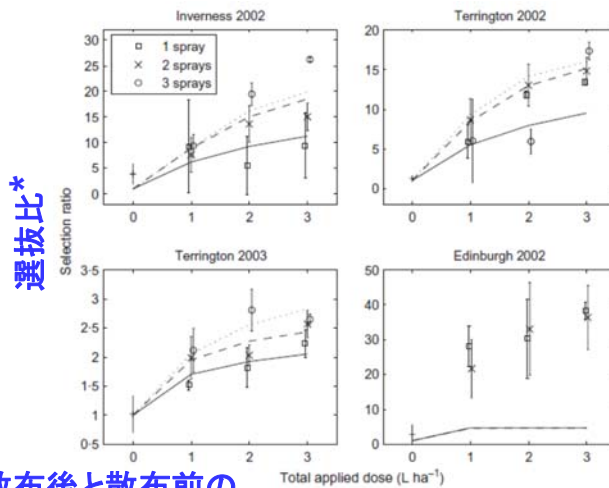
•低薬量の高リスク薬剤+高薬量の低リスク薬剤

→耐性菌がもっとも選択されにくい。

•低リスク薬剤との混用(特に現地混用)が、高リスク薬剤の有効期間を延ばす上で最適。

(Hobbelen et al., 2011)

薬剤の使用と耐性菌の選抜 (モデルの実証試験)



実線、破線、点線が予測。

*選抜比=薬剤散布後と散布前の耐性菌頻度の比
総散布薬量(L ha⁻¹)

- 耐性菌発達モデルの有用性を厳密に実証した最初の例。
- アゾキシストロビンの散布回数や散布薬量の増加により、オオムギうどんこ病菌で耐性菌選抜が進む。

(Hobbelen et al., 2011)

薬剤耐性菌対策

表 5・8 S 表現型密度比率 S_0 が S_n に回復する年数 (n) に対する Fr の影響

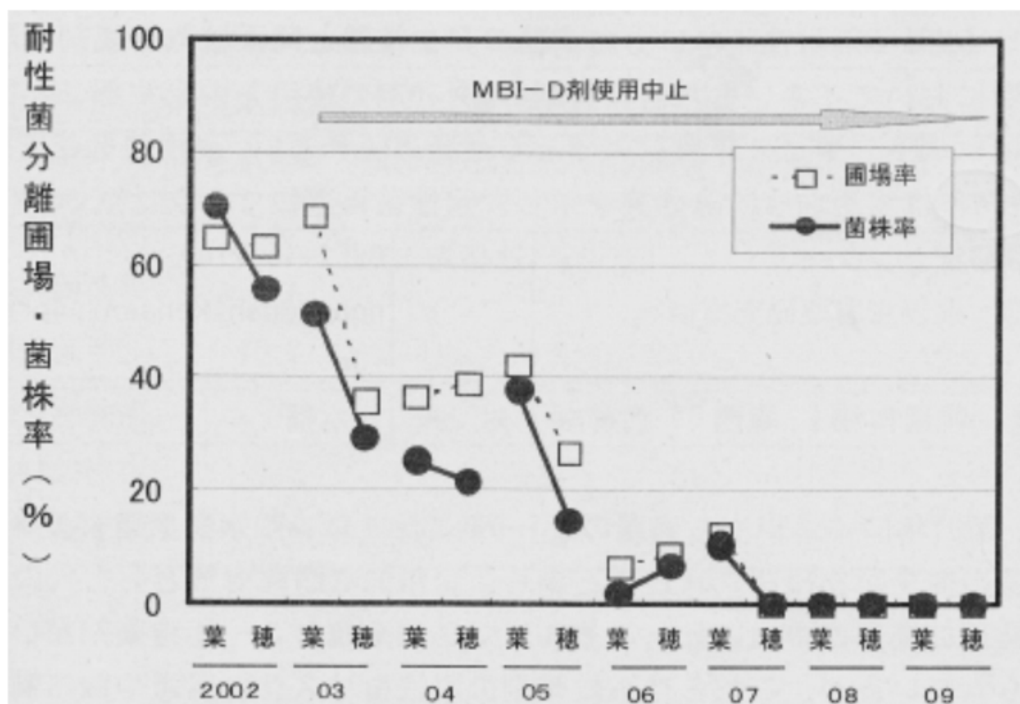
Fr	0.1					0.5					
	S_0	S_n	0.5	0.9	0.99	0.999	0.9999	0.9	0.99	0.999	0.9999
0.99	219	438	678	907	1,136	219	458	688	717		
0.95	43	86	132	177	222	43	89	135	180		
0.9	21	42	64	66	108	21	44	66	87		
0.85	14	27	42	56	70	14	28	43	57		
0.8	10	20	30	41	47	10	21	31	41		
0.7	6	12	19	26	32	6	13	19	26		
0.6	4	9	13	18	22	4	9	14	18		
0.5	3	6	10	10	12	3	7	10	13		
0.4	2	5	7	10	12	2	5	8	10		
0.3	2	4	6	8	9	2	4	6	8		
0.2	1	3	4	6	7	1	3	4	6		
0.1		2	3	4	5		2	3	4		
0.05		1	2	3	4		2	2	3		

(注) 横内数字: S 表現型密度比率 S_0 が S_n に回復するに要する年数 (n).

- 薬剤無選抜圧条件下における感受性回復は、耐性のあまり発達していない時点で、耐性顕在化剤の切り換え、あるいはローテーションを行うのが効果的であろう。

岡本 弘、「薬剤抵抗性」、ソフトサイエンス社、297-316 (1983)

MBI-D剤使用中止後のいもち病菌耐性菌の推移(佐賀県)



山口ら (2010) 佐賀県研究成果情報

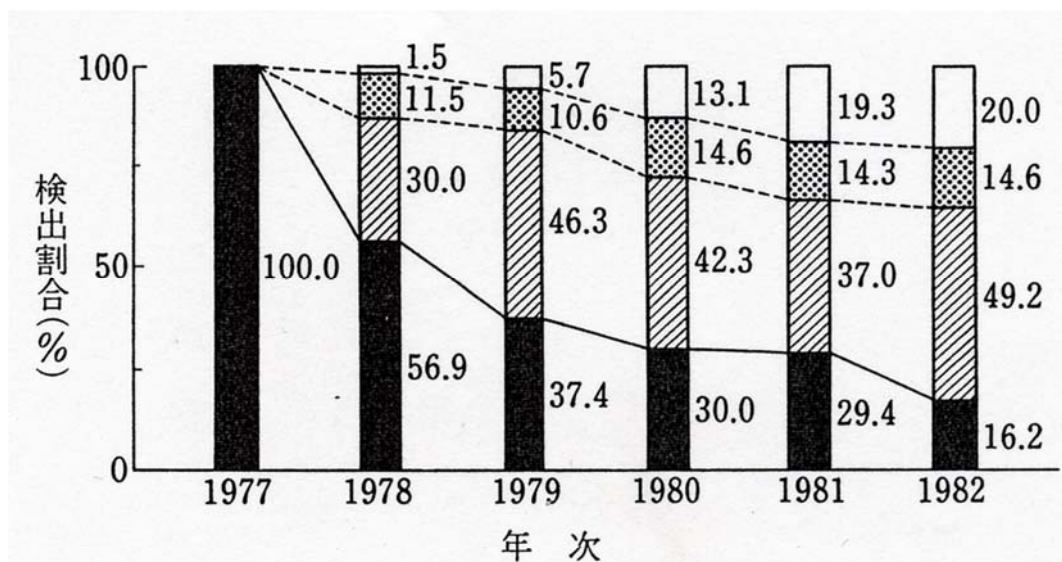


図-28 鳥取県果実連花粉事業所内圃場におけるナシ黒星病菌の耐性菌検出割合の推移

■強耐性菌, ▨中等度耐性菌, ▩弱耐性菌, □感受性菌

ナシ黒星病菌では、ベンゾイミダゾール系薬剤の使用を止めても、耐性菌が減少する場合と、そうでない場合とがあった。

薬剤耐性菌

- 糸状菌や卵菌、細菌による病害の防除に使用される殺菌剤に対して、本来の‘感受性’（ベースライン感受性）よりも感受性が低下した菌をいう。
- 農業場面では、薬剤の実用濃度で効果が期待できないものだけを耐性菌と呼び、まだ防除効果が認められるものを感受性低下菌として区別することもある。

（社）日本植物防疫協会、「農薬用語辞典」、2009

薬剤耐性菌の定義

- ある薬剤を使用したことがない植物から分離された病原菌の、その薬剤に対する感受性をベースライン感受性と呼び、この感受性の程度を示す曲線は菌の集団中で正規分布することが多い。
- 農業上は、このベースラインを外れた感受性の低い菌を感受性低下菌、さらに実際に薬剤が効かない菌を耐性菌と定義する。
- もともとその薬剤に対する感受性が低い病原菌の場合、これを低感受性菌あるいは非感受菌として耐性菌とは区別する。

眞山・難波編、「植物病理学」、文永堂出版、2010

- ・ 耐性菌と感受性低下菌の区別が難しい時もある。
- ・ 耐性菌が圃場に分布していても、絶対量が少ない場合、あるいは感受性菌に比べて低率であれば、薬効にすぐに影響しないことがある。

アゾキシストロビン剤のキュウリうどんこ病抑制効果に及ぼす菌量の影響*

菌量 (mlあたり)	発病抑制率 (%)
約 1×10^4	50.0
約 1×10^5	23.3

*実用有効成分濃度100ppmで散布後、耐性菌10%、感受性菌90%からなる分生子懸濁液を噴霧接種。

アゾキシストロビン剤のキュウリうどんこ病抑制効果

耐性菌・感受性菌 の割合	発病度*	
	アゾキシストロビン100ppm	蒸留水(対照)
1:0	43.9	26.1
9:1	36.7	38.9
1:1	30.6	30.0
1:9	21.7	46.7
1:99	5.0	49.4
0:1	0.0	43.3

*実用濃度で散布後、分生子懸濁液(約 1×10^5 個/ml)を噴霧接種。

- ・ 耐性菌比率が10%でも、効果は50%程度低下する場合がある。

低率で発生する変異菌株の検出

麦類うどんこ病菌の集団から変異菌株を検出する
(信頼限界95%)のに必要なサンプルのサイズと面積*

変異頻度	サイズ(菌株数)	面積(ha/日)
10^{-3}	3×10^3	0.2
10^{-5}	3×10^5	23.1
10^{-6}	3×10^6	230.8
10^{-8}	3×10^8	23,077.0

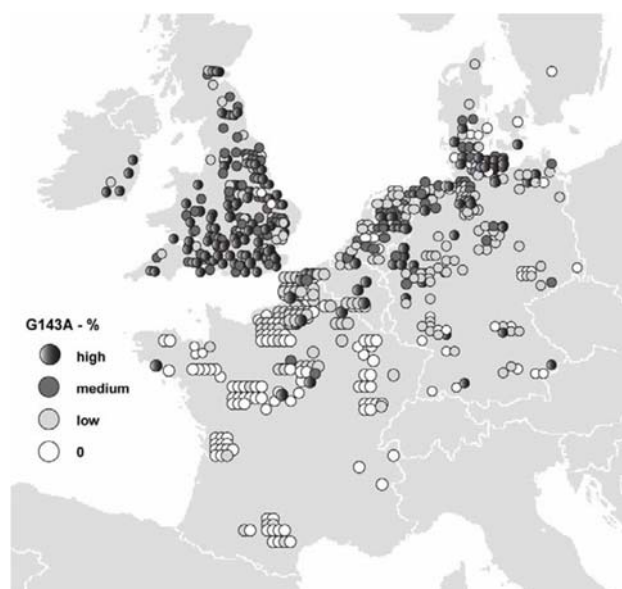
*大気中の孢子数を1個/1,000m³と仮定。

(Wolfe, 1982)



うどんこ病菌の採集用に車に設置された孢子トラップ(Syngenta)

Brent and Hollomon (2007) FRAC Monograph No.2 second, (revised) edition: 23.



コムギ葉枯病菌のチトクローム*b*遺伝子に見られるG143A 変異の分布(2003年、FRAC QoI Working Groupのデータ)

Lucas and Fraaije (2008)

ヨーロッパにおけるQoI剤耐性のモニタリング



ご静聴、どうも有難うございました。

Daigo, Ibaraki, November 2012